Inaugural-Abhandlung

über den

Einfluss der Gase

auf die

Form der Blutkörperchen

von

Rana temporaria.

Als
erster Abschnitt der Untersuchung über die Wirkung der Gase auf die Blutkörperchen sämmtlicher Thierklassen

von

Dr. Emil Harless.

Mit 2 Kupfertafeln.

Erlangen,
Verlag von Carl Heyder.
1846.

Seinen hochverehrten Lehrern

Herrn Hofrath Prof. Dr. Rudolph Wagner

und

Herrn Prof. Dr. Scherer

so wie

seinem theuern Oheim

Herrn Dr. med. J. Ziehl

prakt. Arzt in Nürnberg

als Zeichen der Dankbarkeit und Hochachtung

der Verfasser.

Das Blut aller Thiere, sowohl der Wirbelthiere, als der Wirbellosen, besteht in histologischer Beziehung bekanntlich aus zwei Bestandtheilen: aus einem unorganisirten, vollständig strukturlosen, Fluidum: dem liquor sanguinis, und aus isolirten elementaren Formen, Zellen oder Bläschen, den Blutkörperchen, die Malzighi entdeckte, und Leeuwenhoek schon genau beschrieben hat. Gleich andern elementaren Formen der Organismen unterscheidet man an ihnen eine äussere Membran, einen Inhalt und bei vielen deutlich einen Kern; dass sie somit in die Kategorie der Zellen zu stellen, unterliegt wohl jetzt keinem Streit mehr, nachdem man die Bedeutung des Kerns, seine oft ganz vorübergehende Existenz, sein Verschwinden in so manchen anderen Zellen der Thiere und Pflanzen durch Schleiden, Schwann und andere neue Forscher kennen gelernt hat. So ähnlich sonst die Gewebe in den verschiedenen Thierklassen einander sind, wie Muskelfasern, Nerven, Knochen, so merkwürdige Unterschiede zeigen die Formen der Blutkörperchen, nicht allein von Thieren der verschiedenen grossen Abtheilungen, sondern z. B. der Wirbelthiere; ja selbst der Säugethiere unter einander. Form und Grösse ist gerade in den verschiedenen Klassen der Wirbelthiere auffallend verschieden; nach R. Wagner stellt sich das Verhältniss der Grösse der einzelnen Blutkörperchen so heraus:

0,002 Mensch.
0,002 Affe.
0,002 Aphrodita aculeata.
0,003 Anadonta.
0,005 Scorpion.
0,005 Squilla mantis.

0,008 lang
0,003 breit } Taube.

0,010 lang
0,006 breit } Frosch.

0,025 lang
0,012 breit } Proteus.

In Beziehung auf die Form sind sie vollkommen rund bei den Säugethieren mit Ausnahme der Lamaartigen Thiere.

Weniger regelmässig rund bei den Wirbellosen. Elliptisch bei den Vögeln, Amphibien, Fischen und den Lamaartigen Thieren.

Die Scheiben besitzen eine nach innen convexe Mitte bei den Säugethieren; eine nach aussen convexe Mitte bei den Amphibien, Fischen und Vögeln, Lamaarten.

Keine Konvexität oder Koncavität in der Mitte, sondern einzelne Körnchen, die der Wirbellosen, Auchenia Vicugna, Paca, Lama.

Einen deutlichen Kern besitzen die Mehrzahl elliptischer Blutkörperchen, die Minderzahl der runden.

Der Farbstoff des Blutes ist bei den Wirbelthieren immer den Blutkügelchen anvertraut, während er bei den meisten wirbellosen Thieren im liquor sanguinis aufgelöst ist z. B. bei den Krustaceen; dagegen ist er bei einigen Anneliden Terebella Nereis [1]) wenigstens auch, wenn vielleicht nicht ausschliesslich, wie bei den Wirbelthieren an die Blutkörperchen gebunden. — Dass diese Blutkörperchen eine wichtige Rolle in der Oekonomie der Organismen spielen, lässt sich bei ihrer fast allgemeinen Verbreitung im Thierreich von vorn herein erwarten. Ihre verschiedene Form und Grösse, ihre hier grössere (Wirbelthiere), dort geringere Anzahl (Wirbellosen) deuten auf eine bestimmte, freilich bis jetzt noch nicht mit vollständiger Klarheit dargelegte Stellung zu dem ganzen Organismus. Dass sie keinen unmittelbaren Antheil an der Ernährung

1) R. Wagner zur vergleichenden Physiologie des Blutes pag. 32.

haben wie früher angenommen wurde (Leeuwenhoek, Dutrochet, Döllinger) steht fest. Sie entstehen und lösen sich im liquor sanguinis wieder auf, ohne sich irgendwo in dem Parenchym der Organe festzusetzen, und mit diesem behufs seines Wachsthums zu verschmelzen.

Dass sie dagegen indirekt zur Ernährung der Gewebe beitragen, lässt sich mit Wahrscheinlichkeit vermuthen, wenn man bedenkt, dass die farblosen Kügelchen, aus denen sich die Körperchen entwickeln, in sich ihren Farbstoff bilden: durch eine Kraft, die allen Zellen eigen ist, und die Schwann die metabolische genannt hat; dass dieselbe Kraft auch den weiteren Inhalt der Zelle chemisch zu verändern im Stande ist, so wird man nicht zweifeln, dass durch die Existenz der Blutkörperchen der durch die Chylusgefässe in den Kreislauf eingeführte Saft modificirt und in veränderter chemischer Beschaffenheit aus den sich auflösenden Zellen frei gegeben, und sofort auf dem Weg der Exosmose dem Parenchym der Organe zu ihrer Produktion oder Regeneration übergeben wird.

Wie für die Ernährung auf indirektem Weg, so sind auch für die Respiration diese Körperchen von der grössten Wichtigkeit.

Die vergleichend anatomischen Gründe hiefür sind folgende. In den Thieren, deren Respiration unvollkommen ist, wie bei den Wirbellosen, finden sich weniger als in dem der Wirbelthiere; unter den Wirbelthieren finden sich die meisten Blutkügelchen bei den Vögeln, welche bekanntlich die lebhafteste Respiration zeigen. Dies ergiebt sich aus der Zusammenstellung der Blutanalyse von Dumas und Prevost.

Forelle 6,38
Frosch 6,90
Kalb 9,12
Pferd 9,20
Schaaf 9,35
Ziege 10,20
Katze 12,04
Hund 12,38

Mensch 12,92
Reiher 13,26
Rabe 14,66
Ente 15,01
Landschildkröte 15,06
Taube 15,57
Huhn 15,71 Blutkörperchen.

Ebenso ist die Menge der Blutkügelchen bei den jungen Thieren grösser als bei den Erwachsenen.

Die chemischen und physikalischen Gründe für die Betheiligung der Körperchen bei der Respiration sind die Farbenveränderung derselben durch Sauerstoff und Kohlensäure, die bekanntlich das Blut hell- und dunkelroth zu färben im Stande sind. Dass hiebei hauptsächlich die Körperchen, und nicht der Farbstoff es sind, welche diese Färbveränderung bedingen, geht aus Scheerers Versuchen hervor, welcher zeigte, dass in Wasser aufgelöstes Hämatin niemals seine Farbe verändert, wenn auch lange Zeit O oder CO_2 Gas durch die Lösung geleitet wird.

Wie viel oder wie wenig dabei auf die Form und Grösse der Blutkörperchen ankommt, warum an der Stelle der biconvexen Mitte der einen eine biconcave Mitte bei andern tritt, sind Fragen, deren Lösung wir noch zu erwarten haben.

So viel steht fest, dass bei dem Contakt von Atmosphäre und Blut durch die Membran der Lungencapillaren gasförmige Stoffe an die Blutkörperchen treten und von ihnen entweichen, und dass es bei der Stellung der Blutkörperchen zur Respiration durchaus nicht gleichgültig seyn kann, mit welchen Gasen die Blutkörperchen in Wechselwirkung treten.

Was wir bisher über die Wirkung der verschiednen Gase auf diese Gebilde erfahren haben, ist sehr lückenhaft und in kurzem etwa folgendes: Die runden Blutscheibchen trüben sich nach Nasse [2]), bekommen einen etwas breiteren Farbstoff-Ring, werden etwas dunkler und dicker und kleben stärker zusammen.

---

2) Handwörterbuch v. R. Wagner, pag. 97, Bd. I.

Bei Einwirkung von Sauerstoff wird die vertiefte Stelle gleichmässiger hell, der Farbstoffring verschmälert sich; der Uebergang ist nicht deutlich markirt; Differenz der Grösse wird nicht angegeben.

Bei den elliptischen Blutkügelchen der Vögel macht die CO_2 die Blutkörperchen weniger scharf umschrieben; die vom Kern in der Mitte herrührende Trübung dehnt sich weiter aus, und verliert dabei die umschriebene Form.

Wasserstoffgas ruft ähnliche Veränderungen hervor, die Umrisse sind aber schärfer und die Breite hat etwas zugenommen.

Man hat demnach aus diesen verschiedenen Versuchen erfahren, dass Veränderungen in der Gestalt der Körperchen durch den Einfluss verschiedener Gase hervorgebracht werden können; obgleich, wie wir später sehen werden, jenen Experimenten die zu wünschende und bei so subtilen Objekten unbedingt nothwendige Genauigkeit abgeht.

Es ist gerade bei diesem Gegenstand erforderlich die mikroscopische Untersuchung an die Spitze zu stellen, nachdem durch manchfache Controversen endlich durch Magnus [3]) und Marchand's [4]) Versuche zur Evidenz erwiesen worden, dass durch Salze und Gasarten (wenigstens O, H und CO_2) das Haematin chemisch nicht verändert wird, sondern, dass der ganze Process der Farbveränderung des Blutes durch jene Reagentien rein physikalischer Natur sey.

Marchand's Resultate sind nämlich folgende.

Sauerstoff, Stickstoff und Wasserstoff sind in dem Blute als Gase enthalten.

O kann, auch wenn er nicht chemisch auf das Blut einwirkt, doch eine Entwicklung von CO_2 erzeugen, wenn derselbe im freien Zusand sich darin befindet.

Völlig von CO_2 befreites Blut entwickelt bei Behandlung mit reinem O Gas keine Spur CO_2 mehr.

---

3) Poggendorf, Annal. XL. 583, 1837.

4) Journal f. pract. Chemie v. Erdmann, Bd. 35, pag. 385 etc. 1845.

O Gas kann im freien und zwar aufgelösten Zustand im Blut enthalten seyn, wobei es durch andere Gasarten oder verminderten Luftdruck ausgeschieden werden kann.

O wirkt durch unmittelbare Absorption auch nicht zum Theil auf die Bestandtheile des Bluts chemisch ein, wenigstens nicht, wenn sich dasselbe ausserhalb des lebenden Körpers befindet, und man als Kennzeichen der Einwirkung die Entwicklung von CO_2 betrachtet.

Was nun die Farbveränderung des Blutes durch Gase betrifft, so sind die hierüber vorliegenden Resultate folgende.

O Gas färbt das dunkelrotbe Blut intensiv hellroth.

N_2O Gas färbt das dunkle Blut hellroth.

N Gas erzeugt keine Farbveränderung weder im hellen noch im dunkelrothen Blut.

CO_2 Gas färbt hellrothes Blut schnell dunkelroth.

H Gas färbt hellrothes Blut mehr braunroth.

SH_2 Gas färbt das helle Blut endlich schwarz.

Chl. Gas färbt zuerst dunkler, dann entfärbt es.

PH_2 Gas färbt das hellrothe Blut tief kirschroth.

A_5H_2 Gas färbt das Blut schwarzroth.

Jod Dämpfe färben das hellrothe Blut braungelb.

SO_2 Gas färbt das hellrothe Blut schwarzbraun.

Es fragt sich nun, wodurch wird die Farbenveränderung möglicherweise blos physikalisch hervorgerufen. Zuerst handelt es sich darum, ob die Farbe bei durchfallendem oder bei auffallendem Licht deutlichere Differenzen zeigt. Nach Einwirkung von CO- oder O tritt der Farbunterschied in dem nicht mit Wasser versetzten defibrinirten Blut in beiden Verhältnissen gleich deutlich hervor. Ist dagegen das Blut mit Wasser gemischt, so wird ein Farbunterschied nur bei durchfallendem Licht und selbst hier nach Scheerers Versuchen gar nicht, nach Bruch's [5]) und Marchand's [6]) Versuchen wenig

---

5) Henle's und Pfeufer's Zeitschr. Bd. I. p. 288 u. 410.

6) Journal f. pract. Chemie v. Erdmann, Bd. II, pag. 401.

wahrgenommen. Scheerer's Theorie stützt sich auf die Erscheinungen bei auffallendem Licht.

Er brachte nämlich in das Blut verschiedene ganz indifferente Substanzen, und fand dabei ein Hellerwerden des Blutes, z. B. kleine Mengen fein gepulverter Kreide, oder Oel, durch das sich beim Schütteln Ascherson'sche Kügelchen in grosser Menge bildeten. Diese Körperchen reflektiren viele Lichtstrahlen, und dadurch entsteht die hellere Röthe. Indem nun Wasser zum Blut gesetzt wird, entsteht eine dunklere Färbung, was Scheerer mit der bekannten Erfahrung in Zusammenhang bringt, dass die Hüllen der Blutkörperchen durch diese Substanz dünner durchsichtiger werden. Je dünner diese Membran, um so deutlicher schimmert das Blutroth hindurch, um so weniger Lichtstrahlen werden von der Hülle reflektirt, im Gegensatz zu der dichteren Hülle bei Einfluss von O z. B. oder Säuren, die eine Contraktion der Membran hervorgerufen:

Ganz analog also einem dünnen hellen Glasplättchen, und einem Stückchen Milchglas, welches letztere ebenfalls mehr Licht reflektirt als ersteres.

So leitet Scheerer die ganze Farbveränderung von einem veränderten Zustand der Zellenmembran ab.

Dies ist aber nicht die einzige Möglichkeit, durch welche auf physikalischem Weg jenes Phänomen entstehen kann. Die zweite Möglichkeit ist die, dass durch den Einfluss des Sauerstoffs oder der Kohlensäure die exosmotische Stromrichtung des Hämatins aus den Blutkügelchen durch die Membran hindurch verändert wird. Auffallend ist nämlich, dass alle Substanzen, deren Concentrationsgrad grösser ist, als der des Inhalts des Blutkügelchens, das Blut hellroth machen, indem sie die Lösung des Farbstoffs im Blut verhindern; (z. B. concentrirte Zuckerlösung, Salze mit alkalischer Basis, und zwar selbst in reinem Wasserstoff oder Stickstoff, ja selbst Kohlensäure [7]); umgekehrt dagegen erzeugen alle Substanzen, deren

7) Stevens, Lond. med. gaz. 1834. May Gregori und Zevine l'institut. Nro. 61.

spezifisches Gewicht sehr viel geringer ist, als des Inhalts der Blutkörperchen eine dunkelrothe Farbe, wie Wasser und alle verdünnten Lösungen.

Es fragt sich nun, inwiefern ist der Sauerstoff concentrirtrirten, die CO_2 wässrigen Lüsung analog wirkend zu denken? und kann überhaupt durch Abänderung der exosmotischen und endosmotischen Verhältnisse ein Farben-Wechsel entstehen?

Denken wir uns die Gasarten als Flüssigkeiten, die in das Innere des Blutbläschens eindringen, so folgte, dass dieselben nach dem allgemeinen Gesetze der Diffusion der Gase durch die Membran der Zellen aus und eintreten. Es stehen bei gleichem und gleichbleibendem Druck die durch die Membran dringenden Gasvolumina in umgekehrter Proportion wie die Quadratwurzeln der Dichtigkeit der Gase (Graham). Unter diesen Voraussetzungen verhielten sich dann die Blutkörperchen analog jenen Blasen, welche Edwin Faust [8]) halb mit atmosphärischer Luft füllte, und dann in eine Glocke mit CO_2 brachte; diese Blasen hatten sich in 8 Stunden so ausgedehnt, dass sie platzten. Mit einer solchen Ausdehnung ist natürlich eine Verdünnung der Membran verbunden, wodurch der exosmotische Process der tropfbaren Flüssigkeit innerhalb und ausserhalb der Blutkörperchen begünstigt wurde. Dann könnte aus den Blutzellen bei Einwirkung der CO_2 der Farbstoff austreten; er könnte dem liquor sanguinis gleichmässiger beigemischt werden, und diesen dadurch dunkler färben. Wir werden sehen, dass dies auch bei einigen, aber nur wenigen Gasarten geschieht; bei der CO_2 ist es deshalb nicht anzunehmen, weil man nicht einsehe, wie der O einen Rücktritt des Hämatins aus dem Serum in die Blutkörperchen bewirken sollte [9]). Gegen die Ansicht von Schulz und Hewsen, welche sie geradezu für lufterfüllte Bläschen ausgeben, spricht die Thatsache, dass

---

8) Froriep Notizen, Bd. XXX. Erfurt 1831. 4. Nr. 646. p. 118.

9) Henle, allgemeine Anat. 440.

in allen Blutarten die Körperchen ein bedeutendes spezifisches Gewicht besitzen und zu Boden fallen [10]).

Durch physikalische Bedingungen könnte demnach, ohne chemische Wirkung auf irgend einen Theil der Blutkörperchen, die Farbveränderung hervorgebracht werden:

1) Durch Formveränderung und in deren Folge veränderte Strahlenbrechung.
2) Durch Veränderung der endosmotischen und exosmotischen Verhältnisse zwischen Zelleninhalt und Plasma.

Durch andere Gase kann dagegen auch eine chemische Veränderung hervorgebracht werden und zwar

1) an der Zellenmembran:
   Coagulation oder Lösung derselben,
2) an dem Inhalt:
   Coagulation oder objektive Farbenveränderung durch Absorption des Gases,
3) an dem Kern:
   Granulation. Färbung. Lösung.

Alle diese Eingriffe in die Struktur der Blutkügelchen haben nothwendig eine Farbveränderung zur Folge, die entweder in die vorangegangene Färbung wieder zurückgeführt, oder nicht mehr zurückgeführt werden kann.

Ich theile nun im Folgenden eine grössere Reihe von Experimenten mit, welche den Einfluss der Gase auf die Blutkörperchen, zunächst hier des Frosches mit jeder nur möglichen experimentellen Exaktheit nachweisen. Ich halte mich streng an die Beobachtung dessen, was ich gesehen; führe zuerst die einzelnen Erscheinungen, so wie sie eintraten auf, ohne auf die Deutung weder der einzelnen Theile der Blutkörperchen, noch auf die Deutung des jedesmaligen Vorgangs mich einzulassen. Diese wird sich aus der Zusammenstellung der Analysen der Blutkörperchen aller Thiergattungen und deren Veränderung durch Gase in der grösseren Abhandlung über diesen Gegenstand von selbst ergeben. —

---

10) Müllers Physiolog. Bd. I, p. 102. (IV. Auflage.)

Was die bisherigen Untersuchungen über die Wirkung der Gase sehr unvollständig oder vollkommen unbrauchbar machte, war der Mangel eines geeigneten Apparats, in welchem man bequem das Blut, vollständig abgesperrt von der Atmosphäre, in dem zu prüfenden Gas untersuchen konnte. Meist wurde das Blut mit der Luftart geschüttelt: dann ein Tröpfchen davon auf dem Objectglas fein vertheilt, und zugedeckt: nachdem bereits die atmosphärische Luft schon wieder ihren verändernden und modifieirenden Einfluss auf die Gestalt der Körperchen geäussert hatte.

Viele Versuche wurden angestellt und von den complicirtesten Apparaten, die ich hier nicht erst beschreiben will, kam ich nach einer grossen Menge von Methoden, die sich bald bei dieser, bald bei jener Gasart nicht mehr anwenden liessen, zu dem einfachen Apparat, den ich jetzt zu allen Versuchen mit der grössten Leichtigkeit benützen kann.

In der That sind auch so viele Punkte gleichzeitig zu berücksichtigen, dass allen Anforderungen in einem nicht complicirten Apparat sehr schwer entsprochen werden kann.

Der erste Punkt ist die Gewinnig einer möglichst dünnen Schicht des Blutes, die zwischen zwei luftdicht verbundenen Glasplatten im ruhenden und bewegten Zustand beobachtet werden kann.

Das zweite ist, dass das Blut vollständig abgesperrt von der Atmosphäre in dem zu untersuchenden Gas beliebig lang und mit beliebiger zeitweiser Erneuerung des Gases sich befinden kann.

Das dritte ist, die Gase nicht zu feucht, und auch nicht absolut trocken zum Blut treten zu lassen.

Viertens mussten verschiedne Gase hintereinander mit denselben Blutkügelchen in Contakt gebracht werden; es durfte somit den Apparat nicht auseinander genommen, ja nicht einmal auf dem Objekttisch verrückt werden.

Es musste demnach eine grosse Beweglichkeit der einzelnen Theile des Apparats hergestellt werden, ohne die hermetische Verschliessung desselben an irgend einem Punkt aufzuheben.

Von den vielfachen Methoden, die ich angewendet habe, erwähne ich nur 2, die am vollkommensten diese angeführten Desiderate erfüllen.

Ich beschreibe die Zusammenstellung des Apparats ganz so wie sie jedesmal bei einer neuen Versuchsreihe veranstaltet wurde.

Eine 6,5 Cent. lange 3,8 Cent. breite Glasplatte vom reinsten weissen Glas wird auf den beiden längeren Seiten mit einem Kitt, der ziemlich rasch trocknet ohne sehr spröd zu werden, 2 Millimeter hoch und 1 Cent. breit bestrichen. Die Kitt besteht aus 4 Th. Harz 1 Th. Wachs und 1 Th. gepulverter und geschlämter Kreide oder geschlämten Ziegelmehl; auf diese so vorbereitete Platte kommt eine zweite möglichst dünne ebenfalls ganz weisse Glastafel von 6 Cent. Länge und 2½ Cent. Breite. Diese wird auf die untere so gepresst, dass beide nur noch 1—½ Millim. auf der einen, und etwas über 1 Millim. auf der Andern Seite von einander entfernt sind.

Hierauf zieht man ein Glasröhrchen von 6 Cent. Länge, und 0,7 Cent. Durchschnitt vor der Berzeliusischen Lampe capillär aus, doch so, dass sich das Röhrchen schnell verjüngt (Fig. 2); man erwärmt es langsam an der Stelle, wo es in den dünnen Theil ausläuft, bis es sich von selbst biegt, und nun die Spitze mit der übrigen Röhre genau einen rechten Winkel bildet (Fig. 3); die Spitze A (Fig. 3) hat eine Mündung von höchstens ½ Millim. Lumen.

Ein zweites Röhrchen, ebenso lang und dick wie das vorhergehende, biegt man ohne es auszuziehen in einem rechten Winkel (Fig. 4). Nun schneidet man sich zwei beiläufig 2 Cent. lange Korke, und in diese eine 1 Cent. tiefe und so breite Rinne, (Fig. 5) dass die zwei aufeinander gekitteten Glasplatten gerade hinein passen. In der Mitte der Rinne geht ein Loch durch, in welches das Ende der Röhre (Fig. 4) (A), und das Ende A der Röhre (Fig. 3) passt. Man bringt in die Rinne etwas Kitt, und setzt die Korke an die beiden noch offnen Enden der Doppelglasplatte. Dann erwärmt man die Enden jener Röhrchen etwas, und schmilzt mit ihnen Siegellak;

bringt die noch warmen Röhrchen mit jenem Siegellack-Ueberzug in die entsprechenden Löcher der Korke, und verschmiert nun die ganzen Korke mit Siegellack (Fig. 6); dann werden alle Fugen nochmal mit dem Kitt überstrichen, und zuletzt, wenn dieser trocken ist, rothes Wachs heiss gemacht, und alle verkitteten Stellen nochmal mit einem Pinsel überstrichen.

Wenn nun alles kalt geworden ist, bringt man den Apparat unter Wasser, hält das eine Röhrchen fest mit dem Finger zu, und bläst in das andere so stark man kann: treten dann nirgends Luftbläschen aus den verkitteten Stellen, so ist man versichert, dass dieser Haupttheil des Apparats luftdicht schliesst.

Solcher Apparate hatte ich 12—14 Stück vorräthig; denn da nach einem Versuch die Reinigung durch verschiedne chemische Substanzen (K oder Cb_2 H_2) und mit vielem Wasser vorgenommen werden muss, das man durch den Apparat hindurchspritzt, so dauert es immer 1—2 Tage bis alles Wasser zwischen den Platten vollkommen ausgetrocknet ist; und man ist dann im Experimentiren sehr aufgehalten, wenn man nicht mehrere trockne Apparate vorräthig hält.

Ausserdem hatte ich auch noch zu andern Versuchen Apparate mit capillaren Röhrchen gemacht, die nicht gebogen waren. — Bei einzelnen Versuchen, wo man über grössre Quantitäten Blut disponiren kann, z. B. bei Blut von Säugethieren benützte ich nun auch folgenden Apparat, der aber bei der Untersuchung des Froschbluts nicht angewendet wurde.

Zuerst wurde an die nicht capillär ausgezogne Röhre B (Fig. 7) durch ein Cautschoucröhrchen ein kleiner luftdicht schliessender 8 Cent. langer Hahn mit Seidenschnüren angebunden. Eine andere 1 Cent. im Lumen haltende 12 Cent. lange Glasröhre wurde durch ein Cautschoucröhrchen mit dem Röhrchen A in Verbindung gebracht.

Frisches defibrinirtes Blut wurde hierauf z. B. mit CO_2 Gas geschwängert, und nachdem es ganz dunkel geworden, fest verkorkt, und die verkorkte Flasche umgekehrt in Quecksilber gestellt. Dann wurde in der Retorte B CO_2 aus gestos-

sener Marmor und verdünntem Salzsäure entwickelt, und durch das Gasleitungsrohr A in die Röhre D des Apparats Fig. 7 geleitet, wobei diese Röhre durch den beweglichen Kork a an der Röhre A Fig. 8 vollkommen geschlossen werden konnte. Der Hahn C Fig. 7 tangte unter Wasser und die Glasblasen traten hier hervor und konnten in einem Probegläschen aufgefangen und analysirt werden. Sobald sich diese Luft vollkommen als CO_2 auswies, wurde das vorher mit CO_2 geschwängerte Blut in die Röhre D gegossen, so dass es bis d stand; unten in der Röhre stand es natürlich blos bis α, was zugleich ein Beweis war, dass der Apparat vollkommen schloss. Nun wurde aus der Retorte E nochmal $^1/_4$ Stunde CO_2 entwickelt, um die Einwirkung des O Gases, das beim Eingiessen des Blutes in die Röhre D statt gefunden haben könnte, vollständigst zu neutralisiren. Man öffnete hierauf behutsam den Hahn C wodurch die Blutsäule sank und ein Tröpfchen Blut durch die capilläre Mündung des Röhrchens A zwischen die Glasplatten trat. Sobald das geschehen war, wurde der Hahn c geschlossen, die Gasleitungsröhre G aus D entfernt, und D fest mit Kork und Wachs verschlossen. Durch hin und her drehen des Apparats breitete man den Tropfen zwischen den Platten aus und brachte sie dann unter das Compositum; gewöhnlich rollen dann die Blutkörperchen noch vereinzelt hin und her und können auf der Fläche oder dem Rand schwimmend beobachtet werden.

Allein bei dieser Methode sieht man nicht, wie sich allmählich die Formen der Blutkörperchen ändern; auch ist man nicht im Stand hintereinander verschiedne Gasarten einzuführen. —

Der letzte Apparat der mir nun alle Desiderate vollkommen erfüllte, und bei einigem Geschick im Experimentiren sehr leicht zu handhaben ist, besteht aus folgenden Theilen

B A C D ist wie bei dem früheren Apparat. B steht aber durch ein Cautschoucröhrchen in luftdichtem Zusammenhang mit dem Hahn G, der an die knieförmig gebogne nach unten ausgebauchte Glasröhre F angekittet ist: diese Röhre F mündet in den einen Hals einer Woulf'schen 1 — $1^1/_2$ Maass haltenden Flasche, in der sich das zu untersuchende Gas befindet; dieses

steht über dem Wasser oder Quecksilber M bei H, unter dessen Spiegel eine Glasröhre I mündet, die oben bei K einen Trichter besitzt, und mit Wasser, oder Quecksilber gefüllt ist.

So lange die Hähne G und D geschlossen sind bleibt die Röhre I gefüllt; die Flüssigkeits Säule sinkt aber: sobald die beiden Hähne geöffnet werden, und das Gas wird dann durch die Mündung L durch B A C getrieben, und entweicht endlich aus dem Hahn D, wo es wieder in einer kleinen pneumatischen Wanne aufgefangen und analysirt werden kann. —

In der Ausbuchtung L der Röhre F liegt frisch ausgeglühtes Chlorcalcium; dort wird das Gas getrocknet; auf dem Boden der Röhre B bei N befindet sich etwas des zu untersuchenden Blutes; von diesem wird das noch etwa übergehende Wasser des Gases absorbirt, und dem Gas gerade die nothwendige Feuchtigkeit abgegeben, damit es bei dem Durchströmen durch den Apparat die Blutkörperchen nicht austrocknet.

Ich beginne nun gleich hier ein für allemal die ganze bei jeder Versuchsreihe wiederkehrende Procedur zu schildern, und zwar so ausführlich als möglich, damit Jedem, der die Versuche zu wiederholen gedenkt, die Menge von Schwierigkeiten von vorn herein aus dem Weg geräumt sind, die mir erst nach vielen Versuchen zu beseitigen gelang.

Vor allem hat man sich, ehe man den ganzen Apparat zusammenstellt, zu versichern, ob die beiden Hähne gehörig schliessen; es geschieht dies auch wieder, indem man sie sperrt und unter Wasser stark hineinbläst, wobei nirgends Luftbläschen zum Vorschein kommen dürfen. Zum Ueberfluss ölt man die Zapfen noch gehörig ein.

Dann hat man den durchbohrten Kork der Woulfschen Flasche, in dem die Röhre I steckt, in Wachs zu kochen, um alle Poren zu verschliessen. Die Mündung der Woulfschen Flasche selbst muss matt geschliffen seyn. Hierauf wird die zweite Röhre F in L mit dem oben beschriebenen Kitt luftdicht eingefügt, der Hahn G geschlossen, die Röhre I mit dem Kork herausgenommen, die Flasche mit Wasser oder Mr. gefüllt, alle Luftblasen sorgfältig ausgetrieben, in einer pneumatischen Wanne

umgestürzt, und mittelst eines Trichters das in Flaschen vorräthig gehaltne Gas in die Woulfsche Flasche gebracht, so dass $^2/_3$ der Flüssigkeitsmenge austritt.

Nun taucht man die Röhre I unter die Flüssigkeit und lässt alle in ihr enthaltne atmosphärische Luft entweichen; dann führt man sie in die Woulfsche Flasche ein, drückt den Kork fest in den Hals der Flasche, und kehret sie schnell in der Wanne um. Nimmt man sie dann heraus, so muss die Flüssigkeitssäule auf der einmal eingenommenen Höhe stehen bleiben; häufig steigt sie, indem das Gas in der äussern wärmeren Luft sich etwas expandirt. So wie sie dagegen sinkt, muss man den Kork noch fester eintreiben, bis kein Fallen der Flüssigkeits-Säule mehr eintritt. Ist dies geschehen, so geht man zur Füllung des Plattenapparates über.

Man nimmt von dem Serum des frischen Blutes, das man unter einer luftdicht schliessenden Glasglocke hat gerinnen lassen, ein bis 2 Tropfen, und giesst sie in die Röhre A. Durch hin und her schwenken breitet man die Blutkörperchen gehörig aus; schliesst den Hahn D; bringt etwa 1 ℈ Blut serum desselben Blutes in den gebognen Theil N der Röhre B, befestigt diese durch ein Cautschoucröhrchen an den Hahn G bei X und an das Röhrchen A.

Die Cautschoucröhrchen werden am leichtesten und fest schliessendsten so gemacht, dass man ein viereckiges Stückchen einer Cautschoucplatte über der Spirituslampe vorsichtig durch hin und herfächeln über der Flamme weich macht, dann das Stückchen wie einen Bogen Papier zusammenlegt ohne irgend wo, als an dem einen seitlichen Rand einen Druck anzubringen; dann passt man die Oeffnung dieses so geformten Röhrchens über den Anfang der Glasröhren, die mit einander verbunden werden sollen, und schneidet mit einer geraden Scheere soviel von beiden Lamellen der Länge nach zugleich ab als das Röhrchen ursprünglich zu gross war. Es kommt alles darauf an, dass das Cautschoucröhrchen nicht weiter ist, als die äussere Peripherie der Glasröhre; denn sonst ist ein luftdichtes Schliessen vollkommen unmöglich. Befestigt werden

die Röhrchen mittelst seidnen dünnen Schnüren, die sich schnell wieder aufknüpfen lassen und am festesten halten.

Ist so der Apparat zusammengestellt, so werden die Blutkügelchen unter dem Mikroskop untersucht: ihre Charaktere und Grössen genau bestimmt, und nun zuerst der Hahn G geöffnet. In dem Moment sinkt die Flüssigkeits-Säule in I etwas; nehmlich so weit, als es die Comprimirbarkeit der athmosphärischen Luft im Apparat zu lässt. Sinkt sie aber länger, so ist es ein Beweis, dass der Apparat irgendwo Luft durchlässt; dann schliesst man den Hahn G schnell wieder, und sucht die Stelle auf, wo eine Lücke oder eine zu lockere Ligatur sich findet und verschliesst sorgfältig; hat man von Anfang an aufmerksam überall die Röhrchen untersucht, und die Ligaturen fest genug gebunden, so ereignet es sich sehr selten, und ist mir nur am Anfang ein paar mal später nie wieder begegnet.

Bleibt die Flüssigkeits-Säule stehen, schliesst also mit andern Worten der Apparat vollkommen, so öffnet man zuerst den Hahn G, und dann den Hahn D. Je nachdem man den letzteren ganz oder nur theilweise aufmacht, hat man es in der Gewalt das Gas schneller oder langsamer zu den Blutkügelchen treten zu lassen, und je nachdem man dies thut, kann man die Körperchen auf ihrer Fläche schwimmend oder rollend beobachten.

Der Grund hievon ist nehmlich folgender.

Das Röhrchen A ist capilär ausgezogen: bei halb geöffnetem Hahn D tritt das Gas in einem feinen dreieckigen Strahl, (oder seitlich comprimirten Strahlenkegel) aus der Gasleitungsröhre zwischen die Glasplatten; dadurch bleiben die Körperchen ruhig oder oscilliren nur schwach hin und her. So wie aber der Hahn D ganz geöffnet wird, strömt aus der engen Mündung des Capillarröhrchens der Strom durch den Widerstand sehr verstärkt aus und erzeugt in dem Serum des Apparates Wirbel, durch welche die Blutkörperchen um ihre Axe gedreht werden.

Um nun nicht immer eines Assistenten zu bedürfen, der die Flüsigkeits-Säule in I auf ihren höchsten Stand erhält, taucht der Hals einer mit Wasser gefüllten Flasche unter das

Niveau der Flüssigkeit im Trichter K der Röhre I so wie die Flüsigkeits-Säule sinkt, kommt der Hals der Flasche R, die an einem Stativ befestigt ist, über das Niveau, und es fliesst aus ihr so lang Flüssigkeit, bis der Hals der Flasche wieder das Niveau des Wassers im Trichter erlangt hat.

So hat man Zeit, Schritt für Schritt die Veränderungen an den Blutkörperchen während des Durchströmens des Gases zu beobachten. Man unterbricht nun von Zeit zu Zeit den Strom durch Schliessen der Hähne, wobei jedesmal D zuerst, und G zuletzt geschlossen werden muss, und hat dann Musse das in der Zeit aufgesammelte Gas zu analysiren. Dann misst und zeichnet man die Blutkörperchen, notirt die Veränderungen, lässt sie 10—15 Minuten mit dem Gas in Berührung, leitet nochmal 2—3 Minuten Gas durch den Apparat, und wartet nochmal $^1/_2$ Stunde die letzten Veränderungen ab; meist treten nach $^3/_4$ Stunden keine Veränderungen in derselben Gasart mehr ein.

Ist so der eine Versuch vollendet, so öffnet man die Ligatur der Cautschoucröhre, die B, und den Hahn G mit einander verbanden, nimmt diese Woulfsche Flasche weg, und setzt eine andere mit der 2ten Gasart gefüllte an deren Stelle und operirt nun wie vorhin.

Hat man keine sehr grossen Quantitäten Quecksilber und operirt mit Gasen die von Mr. oder Wasser absorbirt werden, die also nicht ohne grosse Verluste vorher dargestellt werden können, so müssen diese Gase unmittelbar am Apparat selbst entwickelt werden, worüber ich bei den einzelnen hieher gehörigen Gasen handeln werde.

Diese Apparate deren Anwendung Dr. v. Bibra öfter mit angesehen, und für vollständig alle hier in Betracht kommende Desiderate erfüllend anerkannt hat, gelangen mir endlich in dieser Form herzustellen nur durch die ausdauernde Mithülfe meines verehrten Freundes Dr. Schmidt in Nürnberg der mir bei allen den hier zu überwindenden Schwierigkeiten und oft zeitraubenden Vorbereitungen und Zusammenstellungen der einzelnen Theile des Apparats unermüdlich zur Hand gieng. —

Ich beginne nun mit der Aufzählung der Experimente an den Blutkörperchen von

Rana temporaria

so wie sie im Protokoll auf einander folgen, und werde zuletzt übersichtlich die verschieden gewonnenen Resultate zusammen stellen und die Schlüsse ziehen, so weit sie für diese Blutart sich herausstellten. —

I. Reihe.

1) Anwendung von reinem Sauerstoff.

(Anmerk. Das O Gas wurde bei allen Versuchen aus chlorsaurem Kali gewonnen.)

Die äusseren Contouren sind sehr dunkel und scharf; die innre helle Parthie (entsprechend der Convexität des Scheibchens) nicht sehr hell hervorstechend; sie hat ganz blasse undeutliche Umrisse, auch erscheint die ganze Zellenmembran wie fein überstäubt (granulirt). Die äussere Form ist länglich oval mit stumpfen Polen. (I. A B.)

Grössen-Verhältniss [11]).

Länge	Breite
0,0110	0,007
0,0110	0,009
0,0118	0,009
0,011	0,007
0,0118	0,009
0,0125	0,009
0,0110	0,009
0,0130	0,009
0,0118	0,009
0,011	0,009
Durchschnittszahlen	
0,0112	0,0079

11) Die Messungen wurden so vorgenommen, dass entweder die selben unter dem Mikrometer gelegnen Körperchen vor und

2) Anwendung von Kohlensäure (Fig. I. C D): Die äussere Form ändert sich nicht; dagegen verschwindet die Granulation; der helle Mittelpunkt tritt scharf hervor, ist dunkel contourirt, und entweder parallel der äussern Umgrenzung, also länglich rund, oder vollkommen rund. Auf dem Rand stehend zeigen sie eine in der Mitte stark hervorragende Convexität, die nicht in der Mitte scharf abgeschnitten aufhört, sondern allmählich in die Gegend der Pole übergeht.

Grössen-Verhältnisse.

Länge	Breite
0,013	0,011
0,013	0,011
0,013	0,011
0,013	0,009
0,013	0,009
0,013	0,009
0,015	0,009
0,015	0,009
0,015	0,009
0,0130	0,0106
0,0130	0,0106
0,0146	0,0110
0,0146	0,0093 Durchschnitt.

Nro. 1 nach ½ stündiger, Nr. 2 nach 1 stündiger Einwirkung des Gases. —

Um nun die Einwirkung des Wasserstoffgases zu beobachten, welches bekanntlich ebenfalls wie die CO_2 das Blut dunkel färbt, musste vorher wieder O Gas durchgeleitet werden,

---

nach dem einzelnen Versuch gemessen wurden, oder wenn diese aus dem Gesichtsfeld bewegt waren, die nachrückenden, wie sie eben unter dem Okularmikrometer lagen; in den günstigsten Fällen wurden vereinzelte Körperchen, deren Lage sich nicht verändert hatte, vor und nach der Gaseinleitung gemessen.

da zu vermuthen war, dass die Formveränderung hier eine ähnliche seyn würde wie bei Anwendung von CO_2. Bei der Reduktion der Körperchen durch O Gas ergaben sich aber folgende eigenthümliche Verhältnisse.

3) Anwendung von Sauerstoffgas (Fig. I. EF). Im Moment, in dem das Gas eintrat, wurden die meisten Körperchen rund; der Mittelpunkt ebenfalls; die äussern Contouren blieben noch scharf, allein die Zellenmembran bildete sehr dunkle (bedeutend tiefe) schattige Falten (E). Nach längerer Einwirkung verschwanden die ersten 4—6 grössern Falten, die gegen den Mittelpunkt hin radienförmig zusammenliefen, und machten einer grossen Anzahl viel kleinerer Platz, F, die sich schnell so vermehrten, dass das ganze Körperchen wieder ganz fein granulirt erschien; dabei hatte es seine ovale Form mehr gewonnen, die Mitte erschien wieder weniger scharf markirt, kaum angedeutet, und das ganze Volum des Körperchens war reducirt. Denn die Grössen-Verhältnisse waren folgende.

Länge	Breite
0,013	0,009
0,013	0,009
0,013	0,011
0,013	0,011
0,0126	0,009
0,011	0,009
0,011	0,009
0,011	0,009
0,011	0,0086
0,011	0,0086
0,009	0,009
0,0118	0,009 Durchschnitt.

4) Anwendung von Wasserstoffgas. Fig. I. G—H. Im Anfang traten die Falten wieder sehr stark hervor (G) waren aber nach $\frac{1}{2}$ Stunde fast alle vollkommen verschwunden (H) die Membran war glatt. Einzelne hatten eine rautenförmige Gestalt bekommen (J), viele waren oval mit spitzen Polen; wenige

mit stumpfen, fast keine rund. Die noch Falten hatten waren die kleinsten.

Grössen-Verhältniss

der faltigen		der glatten	
Länge	Breite	Länge	Breite
0,0118	0,011	0,013	0,011
0,0118	0,009	0,013	0,011
		0,013	0,011
		0,013	0,010
0,0118 Breite		0,0098 Länge im Mittel.	

5) Anwendung von Schwefelwasserstoffgas. Fig. I. K—M. Gleich bei den ersten Gasblasen treten Falten und Granulationen (K) sehr stark hervor; die Contouren erscheinen nicht mehr scharf, sondern gezackt. Es zeigen sich viele schwarze Pünktchen auf der Membran; die spitzen Pole haben sich abgestumpft. Dabei wird die Mitte undeutlicher; die Granulation schreitet von der Mitte gegen den schmaler werdenden endlich verschwindenden Rand fort; zuletzt sind alle Falten fort, und um ein helles kreisförmiges Pünktchen liegt eine Scheibe kleiner halbdunkler Körnchen, die Membran des ehemaligen Blutkörperchens, das jetzt ganz zerstört ist.

II. Reihe.

Frische Blutkörperchen mit Wasserstoffgas behandelt. Fig. I. GHJ. Die vorher kaum erkennbare Mitte erschien sehr bald als ein hervorstechend scharf umschriebenes Pünktchen, während die Zellenmembran Falten bildet, die jedoch sehr bald wieder verschwinden. Die äussern Contouren zeigten sich sehr dunkel; die Pole spitzten sich bedeutend zu, nur die allerwenigsten wurden rund. Nach einiger Zeit waren die Falten ganz verschwunden und die Körperchen maassen:

Länge	Breite
0,0138	0,0090
0,0130	0,0090
0,0130	0,0090
0,0130	0,0090
0,0130	0,0098
0,0138	0,0098
0,0132	0,0091 Durchschnitt.

III. Reihe.

Frisches Blut, dessen Körperchen länglich rund und scharf conturirt waren, und eine Durchschnitts-Länge von 0,0130‴, und Durchschnitts-Breite von 0,009‴ besassen, bei welchen ferner die Mitte nicht scharf markirt und mehr länglich als rund erschien, wurde zuerst nach der letzt angegebenen Methode mit

Stickstoff (N)

behandelt. Dieses Gas wurde dadurch rein dargestellt, dass atmosphärische Luft lange mit Schwefelkalium geschüttelt, und das noch etwa vorhandne Schwefelwasserstoff und Kohlensäure-Gas durch Schütteln mit frisch bereiteter Kalkmilch entfernt wurde.

N Gas wurde sehr lange durch den Apparat geleitet, und blieb, nachdem es bereits ganz rein aus dem Hahn D austrat, über ½ Stunde mit dem Blut in Berührung; allein es konnten, also beiläufig im Verlauf einer Stunde, durchaus keine Spuren einer Veränderung weder in Form noch Grösse nachgewiesen werden. Dieselbe unbestimmt markirte längliche Mitte, dieselben stumpfen Pole: Keine Falten oder Granulirung der Membran. Hierauf wurde

Kohlensäure

über die Körperchen geleitet; sogleich trat die Mitte als sehr heller scharf markirter vollkommen runder Punkt hervor. Faltenbildung war bei vielen, jedoch nicht bei allen Blutkörperchen wahrzunehmen. Die Pole waren aber sehr abgestumpft.

so dass die Körperchen fast rund erschienen. Auf dem Rand stehend zeigte sich die Mitte stark convex III. A; die Entfernung der parallelen Parthien der Scheibe sehr schmal; die Dicke der Membran selbst auffallend vergrössert, auf der Fläche schwimmend maassen sie:

Länge	Breite
0,015	0,0110
0,015	0,0118
0,013	0,009
0,0138	0,0098
0,013	0,011
0,013	0,013
0,011	0,011
0,0136	0,011 Durchschnitt.

IV. Reihe.

Das Serum von frischem Froschblut enthielt Körperchen, welche ziemlich dunkle, scharfe äussere Contouren besassen, deren Mitte dagegen wieder weniger markirt erschien; zwischen Centrum und Peripherie war die Membran etwas dunkel wie ganz fein granulirt.

Grössen-Verhältnisse.

Länge	Breite
0,013	0,009
0,0138	0,009
0,0138	0,009
0,011	0,011
0,013	0,009
0,013	0,009
0,011	0,0092 Durchschnitt.

1) Durchleitung von Kohlensäure (CO_2) liess sehr bald die Mitte als einen hellen scharfen und dunkel umgrenzten Punkt erscheinen. Vollkommen rund waren wenige geworden; alle hatten aber sehr stumpfe Pole, nur bei vereinzelten waren sie spitz.

Grössen-Verhältnisse.

		Die Mitte (Kern.)		
Länge	Breite	Länge	Breite	Farbring
0,015	0,011	0,004	0,002	0,0028
0,015	0,011	0,004	0,0028	0,004
0,011	0,011	0,004	0,0028	0,004
0,013	0,0098	0,004	0,0028	0,002
0,013	0,011	0,004	0,0028	0,0028
0,013	0,0098	0,004	0,0028	0,0028
0,015	0,011	0,004	0,0028	0,0028
0,013	0,011			
0,0138	0,099			
	Durchschnitt.			

2) Neue Zuleitung von Sauerstoffgas (O) erzeugte diesmal fast in keinem Körperchen Faltenbildung; sehr viele waren rund; der vorhin so markirte Fleck wird in seinen Umrissen ganz undeutlich, und zwar am meisten bei denen, deren Durchmesser am meisten abgenommen haben. Um den mittleren hellen Fleck ist die Membran wieder dunkel wie fein granulirt; und dieser dunkle Hof ist bis ganz nah an die Peripherie vorgeschritten, so dass der helle Ring um die Mitte überall weniger beträgt als 0,0025‴.

Grössen-Verhältnisse der Körperchen.

Länge	Breite
0,011	0,009
0,011	0,009
0,011	0,011
0,011	0,011
0,0118	0,009
0,0118	0,009
0,011	0,0098
0,013	0,009
0,011	0,009
0,013	0,009
0,011	0,009
0,011	0,009
0,0113	0,0091 Durchschnitt.

3) Abermalige Zuleitung von Kohlensäure lässt jetzt die Körperchen satnrirt gelb erscheinen IV. A: hauptsächlich die Mitte, welche zugleich fein granulirt ist. Die Membran wird dann glashell ohne alle Falten, sehr sphärisch, äusserst zart. Vorher wurde über die Körperchen Luft aus der Lunge getrieben, wobei Falten entstanden waren. Die Mitte ist sehr dunkel contourirt, unregelmässig länglich rund. Viele zeigen auf dem Rand stehend eine Leierform.

Im Durchschnitt maassen sie 0,0138 Länge und 0,011 Breite.

4) Zuletzt wurde noch ein Versuch mit Stickoxydul N_2O angestellt, auf den ich weniger Gewicht lege, da ich nicht ganz sicher bin, ob das Gas chemiseh rein war; es wurde durch Erhitzen von salpetersaurem Ammoniak gewonnen, wobei sich Spuren weisser Dämpfe entwickelten, die sorgfältig zu vermeiden sind. Kaum war dieses Gas in den Apparat getreten, so war die Hülle fast spurlos verschwunden. Das Innere (die Kerne) waren scharf markirt, unregelmässig deutlich umgrenzt; ihre gelbe Farbe haben sie verloren, sie sind vollkommen Farblos. IV. C.

V. Reihe.

Diese Zerstörung der Blutkörperchen, welche in dem Fall des Stickoxydulgas offenbar hervorgebracht hat, liess mich vermuthen, dass es mit Salpetergas oder Ammoniak verunreinigt gewesen sey; allein als nachträglich das Gas analysirt wurde, fand sich von beiden keine Spur.

Woher also diese Vernichtung der Körperchen durch N_2O da sich in allen andern Beziehungen, wenn nehmlich nicht CO_2 vorher eingewirkt hat, dieses Gas sich ebenso verhält wie O Gas; nur eine etwas mehr purpurrothe Farbe hervorruft, so versuchte ich den Einfluss zu ermitteln, den CO_2 und O Gas auf die Blutkörperchen ausüben, wenn sie schnell hinter einander über sie geleitet werden, oder um es auf die verschiednen Gasprovinzen des Körpers anzuwenden, wenn die Blutkörperchen abwechselnd durch die grosse und kleine Blut-

bahn sich bewegen. Zu diesen Zweck construirte ich folgenden Apparat.

Zwei Woulfische Flaschen A und B waren durch Blechreife H und H' fest miteinander verbunden; in der Flasche A befand sich O Gas; in der Flasche B CO_2. Der Hahn C der Flasche A mündete hinter dem Hahn C' der Flasche B bei E in die absteigende Röhre D, die dann mit dem Rohr K des Apparates F G durch ein Kautschouc-Röhrchen verbunden war. Durch das abwechselnde Oeffnen des einen oder andern Hahns konnte nun bald O bald CO_2 durch F geleitet werden, ohne dass der Apparat weiter auseinander genommen wurde.

Es wurde nun immer das eine Gas so lange durchgeleitet, bis die durch die vorigen Versuche ermittelten Veränderungen eingetreten waren. Nachdem beiläufig zum 9ten oder 10ten Mal O Gas durchstrich, enstand in den wenigsten mehr die Veränderung; eine Abnahme des Einflusses war schon beim 6ten oder 7ten mal bemerkbar. Jetzt aber wurden die Membranen ganz durchsichtig, kaum mehr zu entdecken; die äussere Contour nicht mehr regelmässig und scharf, und als zum 10ten mal CO_2 eingeleitet wurde, waren die Hüllen der eben besprochenen Körperchen spurlos verschwunden; nur kleine Scheibchen blasser Kerne lagen hie und da um einen solchen hellen Kern, ganz so wie bei der Einwirkung des SH_2 Gases. Ich liess die Gase immer ganz langsam eintreten, so dass ich stets dieselben Blutkörperchen im Aug behalten konnte. —

VI. Reihe.

Vor dem Versuch waren die Blutkörperchen länglich oval mit stumpfen Polen, die Mitte ebenso länglich; nicht scharf markirt von einem dunkleren Hof umgeben.

1) Anwendung von Wasserstoff Gas (H) erzeugte hie und da Falten; am einen Pol spitzen sich die meisten zu, während jetzt die Mitte scharf hervortritt, und zwar am meisten, wo sie rund, weniger wo sie länglich erscheint.

2) Anwendung von CO_2 Gas erzeugt an einzelnen früher nicht gefalteten sehr tiefe Falten, die jedoch in kurzer Zeit

verschwanden. Zwischen Mitte und Peripherie wird die Membran ganz glatt; viele werden rund, die Mitte scharf markirt und die Farbe des ganzen Körperchens saturirt gelb; 1/3 aller Körperchen ist ganz rund, an den ovalen sind die Pole sehr stumpf geworden. —

3) Anwendung von O Gas verwandelt die runden wieder in länglich ovale Körperchen mit nicht mehr spitzigen Polen. Auf 15—20 ovale kamen 1—3 runde. Die Mitte ist wieder sehr schwach markirt; der dunklere Hof um dieselbe hat sich sehr entwickelt, und zwar wieder augenscheinlich aus sich vervielfältigenden Falten.

Die Abnahme der Durchmesser wie in den früheren Versuchen. —

VII. Reihe.

Ehe ich zu den anderen Gasen übergehe, und die Wirkung derselben auf die Blutkörperchen des Frosches darstelle, schalte ich hier eine Reihe von Versuchen an den Blutkörperchen von Salamandra cristata ein; welche für Faltenbildung von grossem Interesse sind, und dieses ganze Phänomen klar übersehen lassen; da ich bei den Blutkörperchen des Frosches niemals so allmählich und von Stufe zu Stufe die Veränderungen verfolgen konnte wie in diesem Fall.

Vor dem Versuch waren alle Körperchen rundlich ungestaltet ohne unterscheidbare Mitte (Kern) (VII A).

Um 5 Uhr 3 Minuten wurde CO_2 über sie geleitet.

5 Uhr 7 Minut. Die Mitte wird etwas deutlicher; Einzelne zeigen mehr regelmässige äussere Contouren VII B.

5 Uhr 11 Minut. In den meisten ist der Kern jetzt markirt; fast überall noch länglich, und steht oft in der Queraxe des Körperchens; bei einzelnen ist er jedoch bereits rund. Die Ränder der Zellen erscheinen wie angefressen. Hier zeigt sich jedoch gerade an den unregelmässigen gezackten Stellen wie ein Käppchen (VII Cc ein durchsichtiger schwer in den Focus zu stellender Theil der Membran, auf dem einzelne dunkle Punkt-

chen aufsitzen. Bei den fast regelmässigen ist noch die ganze Circumferenz wie mit einem Rosenkranz umgeben. VII D.

5 Uhr 25 Minut. Fast alle sind jetzt regelmässig mit glatten, scharfen, dunklen, beinahe kreisförmigen Contouren E. In der Mitte tritt ein heller runder Punkt scharf hervor; noch öfter ein heller länglich runder Fleck, parallel oder im rechten Winkel mit der Längenaxe des Körperchens. In der Regel steht er nicht in der Mitte, sondern dem einen oder andern Pol näher.

5 Uhr 40 Minut. Nun sind alle scharf und äusserst dunkel contourirt; zur Hälfte rund, zur Hälfte oval und messen jetzt:

Länge	Breite
0,013	0,013
0,013	0,013
0,013	0,013
0,013	0,013
0,013	0,011
0,011	0,011
0,011	0,011
0,013	0,013
0,0118	0,0117 Durchschnitt.

Sauerstoffgas erzeugte nun an denselben Blutkörperchen gleich im ersten Moment tiefe Falten; gezackte Ränder; dabei wird der Kern ganz undeutlich, oft waren die Falten wie Zonen um die Fläche der Körperchen gestellt (VII F) oft durchkreuzten sie sich manchfaltig (F) der Kern war bald verschwunden, oder kaum sichtbar und dann länglich. Die runde Gestalt der Körperchen ist weg; sie sind ganz oval. Zuletzt werden die Ränder wieder sehr zackig (H), doch nicht so unregelmässig wie vor der Behandlung mit CO_2; die noch regelmässigen massen jetzt:

Länge	Breite
0,013	0,009

0,013	0,009
0,013	0,011
0,013	0,0075
0,013	0,009
0,013	0,009
0,013	0,011
0,015	0,009
0,015	0,011
0,0115	0,011
0,0131	0,0113 Durchschnitt.

VIII. Reihe.

Wurde über frisches Blut von rana tempor. dessen Blutkörperchen im Durchschnitt 0,013‴ lang und 0,009‴ breit waren, Chlorgas geleitet, so zeigte sich so schnell, wie kaum bei einer andern Gasart, die Veränderung, die in einem Verkleinern der Körperchen nach allen Durchmessern bestand. Sie wurden nehmlich im Maximum 0,009‴ lang und 0,007‴ breit VIII A. Die Contouren des innern länglichen Flecks, so wie die äussern waren sehr dunkel, scharf markirt B, in der äussern zeigte sich nach innen 2 oft 3 concentrische Ringe (C): also Verdichtung und Faltenbildung der Membran; jedoch in ganz anderer Richtung als bei Anwendung von CO_2 z. B., wo die Falten radienförmig von der Mitte aus liefen. Hier waren sie parallel mit der äussern Contour gleichsam Längenkreise darstellend. —

Bei weiterer Einwirkung entstand in dem Fleck ein helleres Pünktchen B, dann 2 endlich mehr D, so dass die Mitte wie von einem Rosenkranz solcher Pünktchen umgeben war F. Die Membran zwischen Mitte und Peripherie erschien dunkler als die Mitte selbst. Endlich hatte sich der mittlere Fleck in 2—3 kleine helle Pünktchen aufgelösst E. Die äusseren Contouren waren ganz unregelmässig geworden und stellten alle möglichen Figuren dar.

IX. Reihe.

Untersuchung der Blutkörperchen im luftleeren Raum.

Der Apparat, in dem die Luft verdünnt wird, ist ähnlich wie die früher angewendeten: nehmlich ebenfalls zwei aufeinander gekittete Glasplatten, in welche auf der einen Seite ein gerades Glasröhrchen mündet, während die gegenüberstehende Seite ebenfalls luftdicht verschlossen ist. In das Glasröhrchen wird mit einem Kork luftdicht eine Canüle A mit dem Hahn B eingesetzt. Die Arme der Canüle CC werden unbeweglich durch eine passende Vorrichtung am Tisch durch Schrauben etc. fixirt, und in die Mündung D der Canüle eine Handluftpumpe eingeführt. Ehe man die Canüle in das Glasröhrchen einsetzt, kommen einige Tropfen Serum mit suspendirten Blutkörperchen in den Apparat.

Vor dem Versuch zeigten die Blutkügelchen die gewöhnliche Beschaffenheit. Die Mitte war undeutlich markirt; die äussere Contour sehr scharf, nicht sehr dunkel; die Membran ganz glatt und ohne Falten.

Schon der erste Pumpenzug brachte auffallende Veränderungen hervor, die freilich um so deutlicher wurden, je leerer der Raum zwischen den Platten wurde. Augenblicklich nämlich traten radial stehende Falten auf; die Mitte trat scharf markirt hervor A; Messungen wurden diesmal versäumt zu machen. Nach einiger Zeit waren die Ränder mit Pünktchen umsäumt, wie mit einem Rosenkranz umgeben B. Als der Hahn B geöffnet wurde, strömte die atmosphärische Luft mit Zischen ein, und sehr bald verschwand die unebene körnige Contour; die Membran wurde wieder ganz glatt, die Mitte schwerer kenntlich.

So habe ich ein und dasselbe Blutkörperchen 4mal abwechselnd seine Gestalt durch Auspumpen und Einlassen der atmosphärischen Luft verändert und jedesmal genau dieselben Resultate erhalten. —

X. Reihe.

Frisches Froschblut enthielt Körperchen mit den gewöhnlichen jetzt schon oft beschriebenen Charakteren.

Die grössten maassen 0,015 Länge 0,011 Breite.

Die kleinsten maassen 0,013 Länge 0,009 Breite.

Die Mehrzahl maassen 0,013 Länge 0,011 Breite.

1) Zugeleitete CO_2 erzeugte wieder jenes starke Hervortreten der Mitte mit dunklen Contouren bedeutende und häufige Faltenbildung A. Bei Lampenlicht zeigte sich zwischen Mitte und Peripherie so wie an den Falten intensiv rothe Färbung, die Mitte blieb hell und farblos.

2) Zugeleitetes H Gas rief äusserst scharfe dunkle Contouren, ebenso concentrische innere hervor, die von der Mitte noch etwas abstanden. Nachdem das Gas ½ Stunde eingewirkt hatte, wurden die äussersten Contouren etwas blasser; die innern verschwanden ganz; ebenso die Falten, und die Mitte war bei den wenigsten erkennbar D. Sie blieben bei Drehung der Mikrometerschraube auffallend lang im Focus; waren also sehr sphärisch geworden; auf dem Rand sah ich diesmal keine stehen. Zugleich war die vorhin bemerkte Röthe bei demselben Lampenlicht verschwunden; sie waren ganz blass und glichen Oeltröpfchen E; es fanden sich viele runde; die Pole waren sehr stumpf bei der Minderzahl etwas spitzig.

Die Mehrzahl hatte 0,013 Länge 0,011 Breite.

XI. Reihe.

Anwendung von Joddämpfen (J). Diese mussten natürlich unmittelbar vor dem Apparat entwickelt werden; durften sich nicht vor ihrer Einwirkung auf die Blutkörperchen condensirt haben und doch nicht zu heiss auf dieselben treffen. Dies erforderte wieder eine neue Zusammenstellung des Apparats, der auf folgende Weise construirt war.

An dem gewöhnlichen Plattenpaar war vorn statt der knieförmig gebognen Capillarröhre eine gerade befestigt; ihr entgegengesetzt befand sich die gewöhnliche gekrümmte Röhre mit dem Hahn.

An dem capillär ausgezognen Röhrchen war mit Cautschouc ein 30 Cent. langes Glasrohr befestigt (B) in das die kleine Retorte A mit Jod versehen, fest eingesteckt und mit nasser Blase befestigt war. Die ganze Röhre B befand sich in einer Blechrinne C. Die mit 28° Reaum. warmen Sand erfüllt war, mit dem die Glasröhre auch ganz zugedeckt wurde. Ebenso lag unter und auf dem Plattenapparat D so hoch temperirter Sand. Die Joddämpfe, die durch Erhitzen der Retorte mittelst einer Spirituslampe entwikelt wurden, condensirten sich erst im Röhrchen E.

Die Wirkung der Joddämpfe, die möglichst langsam entwickelt wurden, waren folgendes.

Die Mitte trat als heller farbloser Fleck scharf contourirt hervor XI. A. Zwischen ihm und der Peripherie erzeugte das J eine stark Gelbe ins orangefarbne spielende Tingirung. Viele Körperchen spitzten sich dabei an den Polen zu, wobei auch die äussern Contouren sehr scharf und dunkel wurden. Dann aber färbte sich die Mitte sehr dunkel braungelb B und es entstanden viele radiale Falten. Die Mitte (Kern) war meist länglich, selten ganz rund. Nach ½ Stündigen Einwirkung blieb die Mitte immer noch am dunkelsten; eine Formveränderung etwa wie durch Cl war durchaus nicht nachzuweisen. Nach einer Stunde war nun jedes Blutkörperchen ein kleinerer oder grösserer Halo (D—H) gebildet, der wie eine Fettkugel nur mit blasseren Contouren aussah und im entwickelsten Zustand einen Durchmesser von 0,059 hatte. Man sah deutlich die Entstehung dieses Hofes: zuerst nämlich umgab er mit einer schwachschwefelgelben Färbung in einer Distanz von 0,004‴ das Körperchen (C), dann wuchs er schnell, wobei die nächste Umgebung des Körperchens sich tiefer gelb färbt; im Halo selbst war eine Menge kleiner unter 0,001 grosser blasser Körnchen (D) zu sehen, die man nicht mehr in den Fällen sah, wo der Halo die grösste Ausdehnung erlangt hatte. Oft waren 2 Körperchen in einem solchen Halo (X) und nahmen dann nicht in der Mitte, sondern an einer excentrischen Stelle ihren Platz ein. Die Halonen waren fast immer kreis-

rund, und wenn auch nicht dunkel, doch scharf umschrieben. Auffallend war es, dass auch Faserstoffschollen mit ähnlichen Halonen umgeben waren, deren Contouren jederzeit parallel mit den Contouren der ersteren waren (E), also oft gezackt erschienen. Ich vermuthete, dass Eiweiss in der Umgebung dieser Körperchen niedergeschlagen worden sey; allein dagegen sprach der merkwürdige Einfluss der CO_2, die jetzt über die Blutkörperchen geleitet wurde. Gleich bei den ersten Gasblasen die durch den Apparat giengen, verschwanden die Halonen gänzlich; die dunkelgelbe Färbung der Blutkörperchen wurde aber durch dieses Gas nicht aufgehoben.

Als nun Wasser zu den Blutkörperchen gebracht wurde, traten sogleich die Halonen wieder hervor, aber jetzt nicht mit jenen glatten zarten Contouren, sondern mit dunklen scharfen gezackten Umrissen (H). Nur in sehr wenig Fällen war der Halo kreisrund.

XII. Reihe.

Anwendung von selbstentzündlichem Phosphorwasserstoffgas (PH_2).

Die Gasentwicklung geschah durch Kochen von kleinen Phosphorstücken in concentrirter Kalilauge. Da man bekanntlich dieses Gas weder unter Wasser noch Quecksilber lang aufbewahrt erhalten kann, so kam es hier wieder darauf an, dasselbe frisch bereitet durch den Apparat E zu leiten. Dabei sind aber verschiedene Vorsichtsmaassregeln nicht ausser Acht zu lassen. Erstens nämlich werden durch das Kochen der Kalisolution Wasserdämpfe entwickelt, welche von dem Blut fern zu halten sind; das wird dadurch bewirkt, dass dieselben in der kalt gehaltenen Vorlage B, die in einem Gefäss H mit eiskaltem Wasser steht, condensirt und von Chlorcalcium Stücken absorbirt werden. Dann geht das ziemlich wasserfreie Gas durch die im stumpfen Winkel gebogne Röhre C, die mit D in Verbindung durch Kautschouc steht; und von da durch den Apparat E; und tritt bei F unter Quecksilber aus. Es muss aber hier Quecksilber vorgelegt seyn, weil Wasser bei

der Gasentwicklung, der stossweise immer eine Condensation der Luft vorausgeht, zu leicht in den Apparat zurücktritt, was mir auch im Anfang mehrmal begegnete. Zuerst erhitzt man dann die Mischung in der Retorte A auf dem Wasserbad, um die atmosphärische Luft von der Gasentwicklung auszutreiben, und dem Explodiren des Gases vorzubeugen, dann nimmt man das Wasserbad weg und erhitzt sie über einer Spirituslampe.

Im Moment der Einleitung des Gases in den Apparat wurden die Blutkörperchen saturirt gelb, XII. A. Die Mitte ist ganz unsichtbar. Die meisten spitzen sich an den Polen zu, und sehr viele klappen (BC) sich zusammen, wie bei der Behandlung der Blutkörperchen mit Oel.

Nun wurde CO_2 Gas eingeleitet. Sogleich wurden sie vollkommen farblos; nur die jetzt dunkel contourirte scharf Mitte ist noch etwas gelb D. Sie klappen sich wieder auf, werden oft rund, häufig stumpfpolig, doch bleiben auch viele an den Polen zugespitzt.

XIII. Reihe.

Zu frischem Froschblut wurde schweflige Säure (SO_2) geleitet. Das Blut färbte sich sogleich braunschwarz. Die Blutkörperchen wurden zuerst sehr blass, und ausgedehnt (C). Die Mitte trat stark hervor; es dauerte aber nicht lange, so schrumpften die Körperchen sehr ein, wurden meist rund; mit sehr dunklen doppelten Contouren, deren Zwischenraum hell war AB. Zwischen Mitte und innerem Centrum entstand eine sehr starke Trübung, die gegen den hellen Mittelpunkt bedeutend abstach. Das Albumin des Serums war in feinen Körnchen granulirt und erschwerte das Messen ausserordentlich; wo es möglich war, betrug die Länge 0,011, die Breite 0,009.

Bei Zutritt von Wasser, welches bekanntlich das SO_2 Gas sehr begierig absorbirt, blieb im Anfang noch die doppelte Contour, dann wurde die innere immer blasser; endlich auch die äussere. Die Körperchen dehnten sich stark aus, so dass ihre Länge 0,015, ihre Breite 0,011 betrug; zuletzt sah man deutlich die excentrischen Kerne am Rand der vollkommen

farblosen Membran als tiefgelb gefärbte Körnchen von länglich runder Gestalt ansitzen, D.

Bei vielen verschwand auch endlich die gelbe Farbe, und sie sahen dann wie frische mit Wasser behandelte Blutkörperchen aus.

XIV. Reihe.

Cyan (Cy) Gas wurde aus Cyan-Quecksilber in demselben Apparat wie die Joddämpfe nur ohne Erwärmung der Röhre vor dem Apparat entwickelt und zu den Blutkörperchen geleitet.

Zuerst wurde wieder die Mitte der Blutkörperchen sehr deutlich, scharf contourirt. Die äusseren Contouren wurden dunkel, mit gegen die Mitte hin verschwimmenden Schatten (sphärisch) XIV. A; endlich wurden sie ganz blass, kaum mehr zu erkennen, nur die Kerne blieben deutlicher B.

CO_2 Gas rief nicht die geringste Veränderung hervor.

O Gas, das lange durchgeleitet und mit dem Blut in Berührung gelassen wurde, rief auch keine Veränderung mehr hervor; höchstens schien hie und da die äussere Contour etwas dunkler geworden zu seyn. —

XV. Reihe.

Behandlung der Blutkörperchen mit Stickoxydgas. Es wurde aus Kochen von Quecksilber und Scheidewasser gewonnen und nachdem alle salpetrige Säure vollkommen ausgetrieben war, gesammelt.

Die Körperchen bekommen im ersten Moment sehr dunkle, nicht mehr ganz regelmässige, etwas zackige Contouren A, die ganze Membran ist wie überstäubt; der Kern ganz undeutlich; dann tritt er etwas mehr hervor; es bilden sich doppelte Contouren an der Peripherie mit lichtem Zwischenraum, um die Mitte geht noch ein gegen die Peripherie abnehmender Schatten (B), die äussere Contour ist sehr dunkel geworden; bleibt ziemlich regelmässig oval mit stumpfen Polen; merkwürdig ist die Grössenverschiedenheit. Wenn nämlich die Körperchen eine ganz unkenntliche Mitte bekommen, also bei der

ersten Einwirkung, so war bei der grössten Masse der Längen-Durchmesser 0,009, der Breiten-Durchmesser 0,007, so wie sich aber der Ring um die Mitte aufklärt, der Kern scharf hervortritt, betrug die Länge 0,011, die Breite 0,009.

Als nun CO_2 Gas zugeleitet wurde, wurden auf der Stelle die äussern Contouren, und die ganze Zellenmembran auffallend blass (C), die doppelte Contour verschwunden, der Kern scharf und dunkel umschrieben zu sehen; dann bildeten sich in der Membran 3—4 Reihen concentrisch um den Kern gelagerter Ringe aus kleinen nicht über 0,001‴ messenden hellen Körnchen (D), die äussern Contouren waren noch nicht ganz scharf, nach ¼ Stunde sah man die kleinen Körnchen nicht mehr; aber die Membran war noch wie matt geschliffenes Glas (E), die äussern Contouren scharflinig oval mit stumpfen Polen, und die Körperchen hatten jetzt eine Länge von 0,015‴ und eine Breite von 0,011‴. —

Die Farbe des ganzen Bluts war jetzt nicht dunkelroth, sondern schmutzig gelbroth.

Tabellarische Zusammenstellung der mikroskopischen Analyse der Blutkörperchen von rana temporaria.

Gase	Grössen-Länge	Verhältnisse Breite	Form der äussern Contoure	Struktur der Membran	Kern Form	Kern Farbe	Inhalt
O	0,011	0,009	dunkel mit nicht spitzigen Polen oval	ganz fein granulirt	länglich rund und	undeutlich	blassgelblich
CO_2	0,0146 0,0136 0,0138	0,0093 0,001 0,0099	rund oder oval mit sehr stumpfen Polen weniger dunkel	glashell, ausser nach Anwendung von N O, wo sie mit Körnchen bebetzt ist	öfter rund als länglich und scharf contourirt	farblos hell	(roth bei Lampenlicht)
					granulirt (pag. 22)	gelb pag. 22	faturirt gelb (p. 22)
H	0,0118 0,0132	0,009 (nach O) 0,0091	oval mit spitzigen Polen, oft rautenförmig, dunkel	glatt	meist rund, scharf contourirt	farblos hell	farblos
NO	0,009	0,007 im I. Moment	sehr dunkel, etwas gezackt, doppelte Contouren, die Pole stumpf	wie überstäubt	zuerst ganz	undeutlich	
	0,015	0,011 im II. Moment			dann scharf hervortretend dunkle Contouren länglich rund	farblos	farblos
N^2O			oval und hell. nicht sehr dunkel	verschwindet nach CO^2 fast ganz (unter den angeg. Benennungen)	scharf markirt unregelmässig	farblos	farblos
SO^2	0,011	0,009	sehr dunkel und dop	blass ausgedehnt,	rund scharf markirt	farblos	farblos

N	Erzeugt in keiner Beziehung eine Veränderung.						
SH_2			oval mit abgestumpften Polen, etwas zackig, zuletzt ganz hell	faltig und granulirt mit dunklen Pünktchen besetzt, endl. aufgelöst	zuerst undeutlich; dann kreisrund scharf markirt	farblos	geronnen und farblos
Cl	0,009	0,007	sehr dunkel, mit concentrischen Ringen, nach innen, dann ganz unregelmässig	dunkel	zerfällt in mehrere Körnchen	sehr dunkel contourirt selbst aber sehr hell	farblos
J			sehr scharf und dunkel, contourirt, die Pole spitzen sich zu, keine sonstige Veränderung	glatt	scharf contourirt länglich	anfangs farblos, dann dunkelbraun	oranggelb
PH_2			die Pole spitzen sich zu, dunkle Contour	die Membran klappt sich um	ganz undeutlich	gelb	saturirt gelb
Cy	Keine	Veränderung	dunkel mit gegen die Mitte abnehmenden Schatten endlich ganz blass	glatt	scharf contourirt	farblos	farblos
luftleerer Raum			wie mit Pünktchen umsäumt höckerig	uneben körnig	scharf contourirt längl. rund	farblos	blassgelblich

Schlussfolgerungen.

Die Stellung dieser Blutkörperchen zu den übrigen Geweben, die Frage, ob sie Zellen seyen oder nicht, ist hier leichter zu entscheiden als bei den kleinern Blutkörperchen der höheren Classen der Wirbelthiere.

Membran, Kern und Inhalt sind hinlänglich charackterisirt und werden besonders bei langsamer Einwirkung von Wasser deutlich [12]). Bei eben aus den Blutgefässen ausgeflossnen Blutkörchen erkennt man keine Verschiedenheit der einzelnen Elemente. Es sind homogene einfache Gebilde, platte Scheiben, durchscheinend aber hellgelb gefärbt. Wenn sie auf den Rand zu stehen kommen, erkennt man nur in der Mitte eine ziemlich umschriebene Convexität auf jeder Seite der Scheibe. Bald aber zeigt sich, besonders schnell nach Zusatz von etwas Wasser in der Mitte ein heller meist etwas gelblichtingirter scharf umschriebener Fleck. Seine Lage ist aber nur scheinbar centrisch; denn so wie man die Blutkörperchen rollen sieht oder so bald sie irgendwo adhäriren, erkennt man leicht, dass dieses Körperchen excentrisch an der jetzt blass und sphärisch gewordnen Membran ansitzt. Dieser Punkt nimmt, so lange das Körperchen ruhig aber frei in einer Flüssigkeit liegt, vermöge der Schwere des Kerns die tiefste Stelle ein, und erscheint dann von oben betrachtet als centrisch. Die umgebende Flüssigkeit wird allmählich blassröthlich gefärbt während in demselben Maass die ganze Hülle des Körperchens erblasst, endlich so durchsichtig wird, dass sie nur mit Mühe in den Focus zu stellen ist.

---

12) Henle allgemeine Anatomie pag. 425.

Dieses Austreten von Flüssigkeit aus der Zelle und das Aufnehmen einer spezifisch leichteren in ihr Inneres, das so lange fort dauert, bis endlich die Hülle platzt (nicht aufgelösst wird): dieser endosmotische und exosmotische Process beweist, dass man es hier mit einer einfachen Zellenmembran zu thun hat, die einen flüssigen Inhalt einschliesst; während der Kern wie bei allen Zellen excentrisch der Membran anhaftet. Ein Umstand macht nur die Natur dieses Gebildes (des sogenannten Kernes) etwas suspekt; nehmlich, dass weder in den Lungen noch in der Schwimmhaut des lebenden Thiers eine Spur davon zu sehen ist; ich habe häufig diese Art der Untersuchung vorgenommen und besonders durch einiges Comprimiren der entsprechenden zuführenden Gefässe die Einwirkung dieser in beiden Capillargefässsystemen vorherrschenden verschiednen Gasarten zu verstärken und den Kreislauf etwas zu verlangsamen gesucht. Aber niemals und in keinem Blutkörperchen konnte ich je einen Kern sehen, obgleich wie mir scheint, die Membran nicht zu undurchsichtig wäre, was durch einzelne Gasarten allerdings geschieht und wodurch der dann sichtbar gewesne Kern wieder zu verschwinden scheint. —

Allein die fast constate Form, die scharfen Umrisse, die glatte nur selten körnige Oberfläche desselben machen es sehr unwahrscheinlich, dass er ein zufälliges unwesentliches Gebilde sey. Man könnte nehmlich nur annehmen, dass es geronnenes Fibrin oder Albumin sey, wie I. Müller[13]) und F. Simon[14]) annehmen und wie auch aus den Reaktionen mit Essigsäure nach Hünefeld[15]) und Henle[16]) hervorzugehen scheint, in denen sie sich wenigstens bei erhöhter Temperatur lösen. Die freiwillige ausserhalb des Organismus eintretende Gerinnung sowohl des Faserstoffs als Eiweisses geschieht aber immer in ganz andrer Form

13) Physiol. I, 119.
14) Med. Chemie, I, 39.
15) Chemismus in der thierischen Organisation pag. 51.
16) A. a. O. pag. 431.

nehmlich als Schollen oder feine Granulation. Ist der Kern wirklich eine Proteinsubstanz so müssen sie schon als organisirte im kreisenden Blut bereits vorhandne Gebilde angesehen werden.

Ist aber der Hauptbestandtheil der Kerne keine Proteinsubstanz, sondern Fett, wie Hünefeld aus der Auflöslichkeit derselben in Aether, warmem Tepentinöl, Mandelöl, und Schwefelkohlenstoff schliesst, so wäre ein Entstehen desselben, ja sogar seine Form nach dem Tod oder Austritt des Blutes aus den Gefässen bei Zusatz von Wasser denkbar.

Dass Fette im Blutroth so gut als im Fibrin und Albumin vorkommen, hat Chevreul, Gmelin und Berzelius schon lange erkannt [17]). Ueber die eigentliche Natur dieses Fettes im Blutroth, das uns hier zunächst interessirt, ist noch wenig bekannt; allein wir können uns doch den Vorgang als möglich denken der die Entstehung der Kerne erklären dürfte. Erstens wissen wir, dass das Fett der Blutkörperchen nicht frei vorhanden, sondern als Seife an ein Alkali (Natron) gebunden ist. Denn das Fett giebt eine alkalische Asche [18]). Wäre nun diese Seife talgsaures Natron, das in der concentrirten Salzlösung flüssig ist, wie wir sie uns dem spezifischen Gewicht der Blutkörperchen nach denken müssen, so wird bei Zusatz von Wasser zweifach talgsaures Natron abgeschieden; da aber zu dieser Abscheidung ein grosser Ueberschuss von Wasser nothwendig ist, so wäre ersichtlich wie erst nach und nach bei geringer Menge zugesetzten Wassers, oder bei gleich anfangs reichlichem Zusatz schneller die Bildung dieses Körpers einträte. Sowohl kaustisches Kali als Essigsäure und Salzsäure können eine wirkliche oder scheinbare Auflösung erzeugen; Kali nehmlich eine wirkliche, die Säuren eine scheinbare, indem sie an das Natron treten, und die Fettsäure als Emulsion in feinen Körnchen zerstreuen.

Diese Erklärungsweise wäre denkbar *) und mit allen Reak-

17) Berz. Lehrbuch der Chemie, Bd. IX, pag. 87.

18) Berzel. a. a. O. pag. 88.

*) Seit ich bin ich mit dem Studium der Talgsäure beschäftigt

tionserscheinungen vereinbar, wenn der Kern wirklich so wie Hewson und Schulz [19]) angeben frei in der Zelle läge und in ihr herumrollen könnte. Ich habe mehrmal Gelegenheit gehabt ganz sphärisch gewordne Körperchen um ihre Axe sich drehen zu sehen, ohne dass sie von der Stelle rückten; ich glaubte schon jene Ansicht bestätigen zu können; denn in diesem Fall schien das Körperchen nur langsam hin und her zu schwanken und der Kern im Innern zu rollen. Ein kleines der Membran anhaftendes Faserstoffstückchen liess mich aber bald erkennen, dass das Bläschen um seine Axe rollt und durch irgend eine im Weg stehende Masse (geronnenes Eiweis etc.) verhindert wurde sich weiter von seinem Platz zu entfernen.

Dieses feste Anliegen an der Zellenmembran spricht wieder für die wahre Natur des Kerns.

Dagegen wiederum spricht seine Formveränderung die bei einem wahren Zellenkern doch wohl schwerlich so schnell auftreten wird als hier; dann die Abhängigkeit seiner Form von der Zelle.

Wird die Hülle sphärisch, so wird auch das Körperchen rund; wird jene oval, so wird dieses auch länglich. Cf. I Reihe.

Wir sehen, dass ebensoviel für als gegen die Natur dieses Körperchens als eines Kerns spricht, und müssen vorläufig diese Frage noch unentschieden lassen mit dem Vorbehalt später noch weiter darauf zu kommen, wenn die Untersuchung des Blutes der andern Amphibien und der Vögel mitgetheilt wird.

Die Annahme von Scheidewänden im Innern der Zelle, deren Hünefeld 8—12 gefunden haben will, ist unstatthaft; woher diese Täuschung, wird man leicht aus der Versuchsreihe II,

---

über deren Natur und Verbindung mit K und N noch sehr unzureichende Beobachtungen sich vorfinden; die Resultate dieser Untersuchung in ihrer Beziehung zu der hier angeregten Hypothese werde ich später mittheilen.

19) Schulz Circulation pag. 18.

III, VII ersehen. Es sind dies jene Falten, die so häufig bei Anwendung der verschiedensten Gase auftreten. Dass Inhalt und Hülle gesondert sind, braucht keines weiteren Beweises und geht auch aus unsern Versuchen mit $P H_2$ und $S H_2$ hervor.

Was nun im Allgemeinen die Wirkung dieser verschiednen Gase auf die Blutkörperchen betrifft, so ist von vorn herein Folgendes festzuhalten: Nicht alle Blutkörperchen desselben Blutes erleiden durch dieselbe Gasart gleich schnell oder dieselbe Veränderung. Eine Beobachtung, die schon häufig bei Anwendung tropfbarer Flüssigkeiten gemacht wurde. (Nasse). Wahrscheinlich ist es der Altersunterschied, der in dem einen die Veränderungen früher in dem andern später eintreten lässt.

Am schnellsten sah ich entsprechende Veränderungen besonders an der Zellenmenbran bei den Lymphkügelchen; und aus diesem Grund glaube ich, dass die jüngeren Blutkügelchen es sind, die schneller durch die Gase verändert werden. —

Der zweite Punkt ist der, dass man die Reihenfolge der Gase berücksichtigt, die man anwendet. Wie durch gewisse andere Substanzen z. B. Jodtinktur die Membran ihre Fähigkeit verliert sich auszudehnen und den endosmotischen Process zu unterhalten. — Nach Anwendung der einen Gasart hat oft die darauffolgende, die, wenn sie zuerst angewendet wird, sogleich bedeutende Modificationen hervorruft, gar keinen Einfluss, oder er tritt erst später auf, oder endlich er äussert sich ganz anders. Dies giebt sich oft schon an der Färbung des ganzen Bluts zu erkennen. Frisches Blut zuerst mit CO_2 behandelt wird dunkel kirschroth; mit NO tief purpurroth. Behandelt man frisches Blut zuerst mit NO und dann mit CO_2 so verwandelt sich die Purpurfarbe nicht in dunkelroth, sondern in schmutzig gelbroth (ockerfarbig). Oder: O färbt bekanntlich das Blut hellroth, lässt man längere Zeit dasselbe Gas rasch durchstreichen, so wird das Blut schwarz und die rothe Farbe

lässt sich mit später zugeleitetem O Gas nicht wieder herstellen [20]).

Ferner während in der I Versuchsreihe die Dimensionsunterschiede nach Einwirkung von O und dann von CO_2, dann wieder von O und endlich von H folgende waren.

O Gas		H Gas	
Länge	Breite	Länge	Breite
0,0112	0,0079	0,0118	0,0098

so blieben sich die Grössenverhältnisse in einer andern Versuchsreihe ganz gleich, wo bloss CO_2 und dann H Gas zugeleitet wurde.

Und endlich, was das wichtigste Beispiel ist: nach von 4—4 Minuten abwechselnder Zuleitung von O und CO_2 ruft O beim 8ten oder 9ten mal schon nicht mehr die frühere stets eingetretne Veränderung hervor, ja CO_2 löst endich die Hüllen vollständig auf.

Wir wollen gleich hieran als an eines der wichtigsten Resultate dieser Untersuchung einige Bemerkungen knüpfen.

Die beiden Flaschen A und B Fig. 10 stellten mir die beiden Capillargefässsysteme d. h. den Gasgehalt derselben vor: die eine mit CO_2 gefüllte das Capillargefässsystem der grossen, die mit O gefüllte das der kleinen Blutbahn.

Nach dem in der Einleitung Mitgetheilten haben die Blutkörperchen in der dort angegebenen Weise einen indirekten Antheil an der Ernährung.

Den fortwährend aus dem Chylus sich bildenden Blutkörperchen müssen andere früher entstandene Platz machen, wenn sich de Cruor nicht abnorm anhäufen soll. Wodurch geschieht nun diese Rückbildung, diese Auflösung der Blutkörperchen? Diese Frage, die bisher unbeantwortet war, lässt sich nach diesen Versuchen auf das bestimmteste beantworten; es ist der abwechselnde [21]) Einfluss der CO_2 und O.

---

20) Bergelius Lehrb. der Chemie, Bd. IX, pag. 73.

21) Dass gerade die Abwechslung der Gasarten die Ursache dieser Auflösung ist beweist der Umstand dass CO_2 oder O für

Je schneller diese Gase wechseln, (je schneller die Circulation), um so schneller werden die Blutkörperchen aufgelöst, und zwar im Organismus, und noch dazu bei warmblütigen Thieren, gewiss viel schneller als im todten oder dem Blut der kaltblütigen. Sehr viele Blutkügelchen waren im Versuch V, der oft und mit ganz reinen Gasen angestellt wurde und stets von gleichem Erfolg begleitet wurde schon bei der 10ten Abwechslung zerstört bis auf den Kern, dessen Auflössung ich auf diese Weise übrigens nie eintreten sah. Demnach würden sich schon nach 10 maligem Durchgang des Blutes durchs Herz viele Körperchen aufgelöst haben; dabei ist aber zu bedenken, dass die Gase nie so rein also nie so mächtig (und schnell) wirkend in die Capillargefässe des lebenden Thiers eintreten. Gleichwohl aber ergiebt sich hieraus der Nachtheil einer zu langsamen oder zu schnellen Circulation oder einer zu geringen Zufuhr von dieser oder jener Gasart zum Blut. —

Der Umstand, dass fast bei jeder Gasart im Anfang eine Faltenbildung eintritt, ehe sich die Durchmesser verändern, giebt uns einen Wink, wie überhaupt die Veränderung der Dimensionen erzeugt wird.

Es wäre nehmlich möglich erstens dass die Membran eine Art lebendiger Contractilitätskraft besitzt, oder zweitens, dass die Dimensionsverkleinerung durch Dickenzunahme der Membran etwa durch Coagulation oder gallertartiges Aufquellen und die Dimensionsvergrösserung durch Dünnerwerden derselben erzeugt wird.

Es findet aber keines vor beiden, wenigstens bei einzelnen Gasarten, Statt; eine solche Contraktion müsste am deutlichsten bei Anwendung von Wärme und Kälte hervortreten, was aber durchaus nicht geschieht. Man kann sie bis 40° erwärmen, ohne dass auch nur die geringste Vergrösserung der Durchmesser eintritt; oder bis 0° abkühlen und es entsteht ebenso wenig eine Volumsabnahme.

Die Coagulation und Aufquellung der Membran findet nur

---

sich oft $^1/_2$ — 1 Stunde in Berührung mit dem Blut gelassen wurde ohne dass je eine solche Zerstörung eingetreten wäre

bei einzelnen Gasarten statt wie bei Cl, SO_2 PH_2, und kann dann durch keine andere Gasart wieder aufgehoben werden. Bei O CO_2 und H etc. besteht der ganze Vorgang in einer allmählich vorwärtsschreitenden Faltenbildung. Denken wir uns Blasen mit etwas elastischen Wandungen, wie wir um die Blutkörperchen aus der Anschauung bei ihrer Circulation uns vorstellen müssen, mit Flüssigkeit gefüllt und ringsum von einer zweiten Flüssigkeit umgeben, die mit der innern in ein endosmotisches und exosmotisches Wechselverhältniss tritt, so wird bei dem allmählichen Lererwerden der Blase ihre Wandung nach dieser oder jener Seite hin etwas einsinken. Bei weiterem Austritt der Flüssigkeit entstehen immer mehr Falten, die die vorigen durchkreuzen und durch die Elasticität der Wandung an einander gedrängt werden, bis endlich die vielen kleinen Falten einzeln nicht mehr zu unterscheiden sind, sondern nur den Eindruck einer allgemeinen Trübung machen. Bei dem umgekehrten Verhältniss, dem allmählichen Vollerwerden der Blase verwandeln sich die dichtstehenden unmessbaren Falten durch Auseinanderdrängen in einzelne Grössen bis endlich die Membran wieder glatt und die frühere Dimension wieder hergestellt ist. — So ist also die Dimensionsveränderung nicht ursprüngliche Folge der Gaseinwirkung sondern ursprüngliche Folge der Veränderung des endosmotischen Processes. Chemisch wird Albumin oder Hämatin von O oder CO_2 nicht so schnell verändert, dass die Abänderung der chemischen Constitution der innern oder äussern Flüssigkeit diese Veränderung der Endosmose erzeugen könnte. Es bleibt also nichts anderes übrig als die Differenz der Gase innerhalb und ausserhalb der Blutkötperchen in Anschlag zu bringen und auf diese Ursache jene Dimensionsveränderungen zurückzuführen. Dass die Blutkörperchen nicht hohl und mit Luft gefüllt seyn können würde in der Einleitung nachgewiesen. Es kann sich hier nur von der Absorption der Gase durch denselben Inhalt und das Plasma des Blutes handeln und die hiedurch gesetzte Verschiedenheit des Luftgehalts des ganzen Blutes ist der Grund der Formveränderung der Blutkörperchen durch CO_2 und O Gas.

Die Falten müssen aber radial deswegen stehen, weil in der Mitte die grösste Oberfläche der (ovalen) Körperchen gegeben, hier also der endosmotische Process von Anfang an gleich am lebhaftesten und ergiebigsten seyn wird. Anders verhält es sich wo Coagulationen eintreten, die Pole sehr spitz, das Körperchen überhaupt unregelmässig, die hervorragende Mitte durch die Coagulation in eine Ebene verwandelt wird wie beim Cl, da stehen die Falten nicht radial sondern parallel den äussern Contouren wie Längenkreise. —

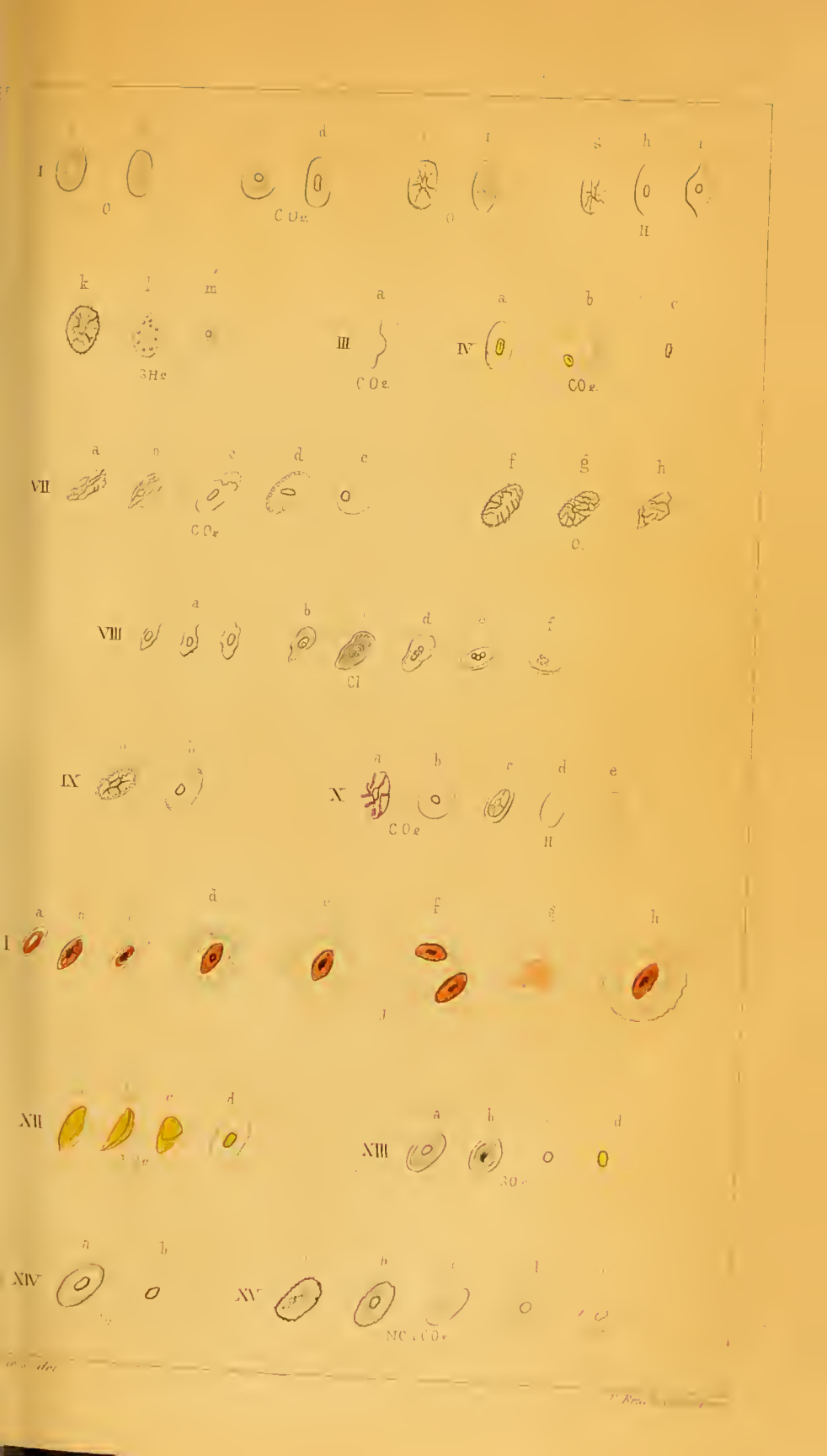
Die Faltung der Membran giebt einen hinreichenden Grund der Erklärung, wie der Farbenwechsel des arteriellen und venösen Blutes entsteht, wenigstens für das auffallende Licht nach Scheerers Theorie.

Der Kern erleidet von den wenigsten Gasen eine Veränderung, nur durch Cl zerfällt er; durch PH_2 wird er unkenntlich und in einem Fall (pag. 22) durch CO_2 granulirt (erstes Stadium der Auflösung). Seine Farbe wird nur durch PH_2 und I verändert und zwar wahrscheinlich durch chemische Einwirkung; einmal rief CO_2 (pag. 22) ebenfalls eine gelbe Färbung hervor, von der es sich jedoch fragt, ob es nicht in Imbibition des Farbstoffs oder in reinoptischen Verhältnissen seinen Grund hatte.

Der Inhalt wird chemisch (Gerinnung oder Färbung) ebenfalls nur verändert durch PH_2 I und CH. Alle rufen eine durch andre Gasarten unauflösliche Gerinnung und Entfärbung (Cl) oder Orangen-Farbe (I) oder schwefelgelbe (PH) Tingirung hervor. —

So zerfallen alle hier untersuchten Gase in solche welche die Blutkörperchen absolut und unwiderbringlich zerstören

I. Cl. SH_2. PH_2. Cy. N_2 O.

und in solche, welche sie nur unter gewissen Bedingungen zerstören sonst aber blos wieder durch andere Gase ausgleichbare Veränderungen hervorrufen.

O. CO_2. H. N O.